

パソコン画像処理エキスパートシステム EXWIPER の試作

塩 野 充

岡山理科大学工学部電子工学科

(昭和63年9月30日 受理)

1. ま え が き

近年、16ビット型や32ビット型の高性能パーソナルコンピュータ（以下パソコン）の急速な普及により、電気系や情報系以外の分野の研究者、技術者でもそれらのパソコンを駆使して日常の研究開発業務等の仕事を行うことが定着しつつある。最近ではパソコンの処理能力の大幅な増大により、従来大型計算機でしか実行できなかった画像処理がパソコンでもかなりの程度実行可能となってきた。しかし、実際にパソコンで画像処理を行うためのプログラムを自分で作成することは初心者には容易ではない。パソコン用の画像処理ソフトウェアパッケージもある程度市販されているが、別売の画像処理ハードウェアのための専用ソフトウェアである場合が多く、汎用性に欠けたり、サブルーチン数が少なく基本的な処理に限られている場合が多い。従って、それらのライブラリは、大型計算機のための FORTRAN 画像処理ライブラリ（例えば電子技術総合研究所の SPIDER^{1,2)}や名古屋大学の SLIP¹⁾等がある）のようなポータビリティの優れた³⁾、本格的なものではない。

本研究ではまず第1段階として、このようなニーズに応えるために総計150本の画像処理サブルーチンから成る本格的なパソコン用画像処理ライブラリ WIPER (Wide usage Image processing Programs for Education and Research) を作成した。WIPER は従来のパソコン用画像処理ライブラリや大型計算機用画像処理ライブラリとは大幅に異なり、ユーザが入力データを与えて出力データを受け取るだけのブラックボックス的ソフトウェアではなく、ソースリストを完全に公開し、そのソースリストにはきわめて豊富な注釈を日本語で付けてある。即ち、ソースリストがアルゴリズムのドキュメントを兼ねている。従って、ユーザはソースリストを上から順に読んでゆくだけでもそのプログラムの大体のアルゴリズムが理解できるようにしてある。それゆえ、ユーザはアルゴリズムを理解し、納得ずくでそのプログラムを利用することができる。

次に第2段階として、そのライブラリ WIPER を元にして画像処理エキスパートシステム EXWIPER (EXpert system with WIPER) を試作する^{4~8)}。EXWIPER は各分野の仕事で画像処理を必要とする初心者が自分の目的のためにはどのような画像処理サブルーチンをどう使えば良いのかを、又、その結果はどうなるのか等を懇切に指導するための教育

用エキスパートシステムである。

2. 画像処理ライブラリ WIPER

WIPER は150本の画像処理サブルーチンから構成されている。記述言語は PC-9800 シリーズ対応の N88-日本語 BASIC (86) である。BASIC 言語を用いた理由は、本ライブラリがパソコン専用ライブラリで、かつ多くの初心者を対象としていることからパソコン用の言語として最も普及している BASIC をまず採用したのである。しかし、ライブラリとしての機能を強化するために順次、C 言語版の WIPER/C や FORTRAN77 版の WIPER/F も現在作成中である。

WIPER の全体は処理内容の種類によって全15章に分割されている。その各章のサブルーチン名、処理内容等を表1に示す。サブルーチン名が大文字で記されているものは BASIC のテキスト画面（数値や文字を取り扱う画面）のみを使用するもので、小文字で記されているものはグラフィック画面（図形を取り扱うための画面）も併用するものである。基本的な処理から、かなり高度な処理まで幅広く収録している。BASIC 言語は各パソコンによって若干の文法の違いがあるが基本的には共通な部分が多く、機種に強く依存する特殊な命令は極力使わないようにコーディングしてあるので、他の機種に移植することはそれほど困難なことではなく、FORTRAN で書かれた前述の SPIDER や SLIP には及ばないにしても、かなりのポータビリティの良さを有している。

プログラムのソースリストの注釈の詳しさを示すパラメータとして注釈率(=注釈行数÷全行数×100)を定義して計算した。WIPER の全プログラムの平均注釈率は53.5%である。一般のプログラムの注釈率は例えば、N88-日本語 BASIC (86) の基本ソフトウェアのソースリストで見ると、

backup. n88 : 44 ÷ 727 → 6.1%

format. nip : 7 ÷ 833 → 0.8%

setinf. n88 : 9 ÷ 161 → 5.6%

というふうに高々数%程度であるから、WIPER の注釈率は極めて高く、プログラムの流れの懇切丁寧な説明を行っていることが分かる。従って、ユーザはソースリストを上から順に読んで行くだけでもそのプログラムの大体のアルゴリズムが理解できるようにコーディングされている。それゆえ、ユーザはアルゴリズムを理解し、納得づくでそのプログラムを利用することができる。従来の殆どのメーカ製各種ライブラリはソースリストが非公開で（あるいは公開されていても注釈は極めて少なくソースリストを読んで理解する事は何らの経験と多大な労力を要する）、ユーザは単に入力データを与えて出力データを得るといようなブラックボックス的な使い方を余儀なくされていたのは非常に異なる。例えば、オリジナルディスクは保存しておいてコピーディスク上で自分の使用目的に適するようにプログラムを自由に改造することも可能であり、又、複数のプログラムを行番号を適

当に操作して自由にマージすることも可能である。

表1 画像処理ライブラリ WIPER のサブルーチン群
Subroutines of the image processing library WIPER.

分類	サブルーチン番号	サブルーチン名	処 理 内 容	全行数	注釈行	注釈率 (%)
2 値 化	01-01	BINAF0	2 値化 (非 0 要素 1 化法)	18	9	50.0
	01-02	BINAF1	2 値化 (固定しきい値法)	21	12	57.1
	01-03	BINAF2	2 値化 (2 固定しきい値法)	37	20	54.1
	01-04	BINAF3	2 値化 (画素別しきい値法)	26	17	65.4
	01-05	HANBET	判別分析 2 値化法	71	37	52.1
	01-06	PTILE	P タイル法	61	36	59.0
濃 度 値 変 換	02-01	CLIPPI	クリッピング (半しきい値法)	27	18	66.7
	02-02	NEGA	ネガ画像生成	23	13	56.5
	02-03	NPLUS	負数濃度値の正数階調化	40	20	50.0
	02-04	NLEVEL	実数濃度値の整数階調化	26	17	65.4
	02-05	NODO01	濃度値実数化	27	13	48.1
	02-06	NOKOGI	のこぎり波変換	37	23	62.2
	02-07	GRAYTR	濃度階調変換	34	23	67.6
	02-08	GRAYLG	濃度対数変換	45	23	51.1
	02-09	TOUKOU	濃度等高線	55	34	61.8
	02-10	NBUNPU	濃度分布の正規化	41	22	53.7
	02-11	HISTEQ	ヒストグラム等化法	88	52	59.1
	02-12	NHIST1	濃度ヒストグラム計算	33	19	57.6
	02-13	NHIST2	累積濃度ヒストグラム計算	35	21	60.0
	02-14	hist01	正規化濃度ヒストグラム表示	59	27	45.8
	02-15	histst	整数濃度ヒストグラム表示	57	29	50.9
雑 音 除 去	03-01	GOMA2C	2 値図形ごま塩雑音フィルタ	30	20	66.7
	03-02	KORITU	黒画素孤立点除去	35	17	48.6
	03-03	FILT33	3 * 3 平均値フィルタ	56	37	66.1
	03-04	FILTNN	N * N 平均値フィルタ	39	22	56.4
	03-05	SELAVR	選択的局所平均化	108	41	38.0
	03-06	MEDIAN	N * N メディアンフィルタ	56	33	58.9
	03-07	CMEDIA	十字型メディアンフィルタ	69	42	60.9
	03-08	MODFIL	N * N モードフィルタ	49	29	59.2
	03-09	BOKASI	ガウス型加重平均によるボケ処理	69	38	55.1
微 分 演 算	04-01	BIBUN1	縦横方向微分演算	34	21	61.8
	04-02	BIBUN2	両方向一次微分演算	21	13	61.9
	04-03	NIJIB1	二次微分(1)	27	17	63.0
	04-04	NIJIB2	二次微分(2)	27	17	63.0
	04-05	NIJIB3	二次微分(3)	58	40	69.0
	04-06	LAPLAC	ラプラシアン演算	27	17	63.0
	04-07	KIRSCH	Kirsch のエッジ検出	82	41	50.0
	04-08	PREWIT	Prewitt の微分演算	31	19	61.3
	04-09	SOBEL	Sobel の微分演算	39	27	69.2
	04-10	ROBERT	Roberts の微分演算	36	24	66.7
	04-11	ROBINS	Robinson のエッジ検出	83	42	50.6
	04-12	FRCHEN	Frei&Chen のエッジ検出	50	28	56.0

分類	サブルーチン番号	サブルーチン名	処 理 内 容	全行数	注釈行	注釈率 (%)
投影量計算	05-01	TOUEI1	垂直/水平方向投影量計算	27	12	44.4
	05-02	TOUEI2	対角/逆対角方向投影量計算	58	25	43.1
	05-03	projel	垂直/水平方向投影表示	78	33	42.3
	05-04	proje2	対角/逆対角方向投影表示	119	44	37.0
黒領域処理	06-01	RLABEL	2 値図形の領域ラベリング	72	39	54.2
	06-02	SMLDEL	2 値図形の領域消去	103	56	54.4
	06-03	RGNSIZ	2 値図形閉領域のサイズ計算	99	58	58.6
	06-04	SHRIN1	2 値図形縮退(1)	62	28	45.2
	06-05	SHRIN2	2 値図形縮退(2)	89	39	43.8
	06-06	RINKAK	黒領域の輪郭線抽出	24	15	62.5
	06-07	KYOKAI	2 値図形の境界線追跡	126	62	49.2
特徴抽出	07-01	TOKUCH	線図形の交差数による特徴点表示	42	25	59.5
	07-02	KADO	屈折点検出	115	60	52.2
	07-03	GAISSET	2 値図形の外接枠検出	33	18	54.5
	07-04	HOLESU	2 値図形のホール数検出	78	45	57.7
	07-05	EULER	図形のオイラー数計算	72	36	50.0
	07-06	HCODET	しきい値法による方向コード化	167	62	37.1
	07-07	HCODEL	最長方向法による方向コード化	177	96	54.2
	07-08	TOJIRI	2 値図形白領域の閉じ率計算	144	90	62.5
	07-09	MOMENT	画像のモーメント計算	23	15	65.2
	07-10	CMOMEN	画像の重心モーメント計算	38	24	63.2
	07-11	JUSIN	画像の重心位置計算	36	19	52.8
	07-12	SHUJIK	慣性の主軸計算	32	23	71.9
	07-13	FUKUZA	2 値図形閉領域の複雑度計算	99	58	58.6
	07-14	HENKAK	閉曲線の偏角微分関数計算	116	54	46.6
画像間演算	08-01	SANJUT	画像の画素間算術演算	54	25	46.3
	08-02	BLOGIC	2 値図形の画素間論理演算	65	27	41.5
	08-03	HMDIST	2 値図形のハミング距離計算	24	15	62.5
	08-04	RUIJID	画像の類似度計算	33	18	54.5
	08-05	CONVO1	周期的たたみ込み演算	39	24	61.5
	08-06	CONVO2	非周期的たたみ込み演算	37	24	64.9
	08-07	TEISUU	画像の定数四則演算	48	25	52.1
	08-08	DAINYU	画像配列への定数代入	27	17	63.0
	08-09	TENSHA	画像配列の部分転写	36	19	52.8
	08-10	TENCHI	画像行列転置	18	10	55.6
	08-11	DANMEN	画像の縦/横方向の断面抽出	33	19	57.6
	08-12	TYPECV	画像配列のデータ型変換	27	16	59.3
幾何学的変換	09-01	SZKAKU	画面サイズ拡大 (整数倍)	36	19	52.8
	09-02	SZSHUK	画面サイズ縮小 (整数倍)	44	23	52.3
	09-03	SZCNV1	画面サイズの実数倍変換(1)	83	45	54.2
	09-04	SZCNV2	画面サイズの実数倍変換(2)	69	45	65.2
	09-05	SZCNV3	画面サイズの実数倍変換(3)	99	55	55.6
	09-06	ZOOM	画像のズーム	79	53	67.1
	09-07	HEIKOU	画像の平行移動	33	21	63.6
	09-08	R90DEG	画像の90度単位回転	70	34	48.6
	09-09	ROTAT1	最近傍法による画像の回転	51	32	62.7
	09-10	ROTAT2	線形補間法による画像の回転	69	42	60.9

分類	サブルーチン番号	サブルーチン名	処 理 内 容	全行数	注釈行	注釈率 (%)
幾何学的変換	09-11	ROTAT3	3次補間による画像の回転	101	54	53.5
	09-12	KEISHA	画像の傾斜変換	46	29	63.0
	09-13	TARUGA	画像のたる型歪み補正	45	25	55.6
	09-14	BOUCHO	2値図形膨張/収縮	70	36	51.4
	09-15	FUTOM1	2値図形の太め処理(1)	38	26	68.4
	09-16	FUTOM2	2値図形の太め処理(2)	38	26	68.4
線 図 形 処 理	10-01	HILDIT	Hilditchの細線化	97	49	50.5
	10-02	DEUTCH	Deutchの細線化	129	62	48.1
	10-03	ROSEN8	Rosenfeldの細線化(8連結)	109	60	55.0
	10-04	ROSEN4	Rosenfeldの細線化(4連結)	118	61	51.7
	10-05	GRTHIN	連結数による濃淡画像細線化	71	39	54.9
	10-06	SENBUN	線図形の単純化	41	21	51.2
	10-07	EDAJOK	線図形の短い枝の除去	89	47	52.8
	10-08	SHTGAP	線図形の短い切れの接続	120	59	49.2
	10-09	SPLINE	スプライン関数計算	103	46	44.7
数学的変換	11-01	XYFFT	2次元高速フーリエ変換	148	70	47.3
	11-02	XYIFFT	2次元高速フーリエ逆変換	133	66	49.6
	11-03	XYWALS	2次元Walsh変換/逆変換	123	63	51.2
テクスチャ解析	12-01	ACORRE	空間自己相関関数計算	60	33	55.0
	12-02	NPARAM	濃度に関するパラメータ計算	74	34	45.9
	12-03	HOUGH1	Hough変換(1)	53	35	66.0
	12-04	HOUGH2	Hough変換(2)	57	38	66.7
	12-05	KYOUKI	濃度共起行列計算	83	44	53.0
	12-06	TEXTUR	共起行列によるテクスチャ解析	164	72	43.9
	12-07	KOLSMI	KS検定による領域分割	106	56	52.8
画 像 の 符 号 化	13-01	FREMA1	フリーマンのチェーンコード化	70	34	48.6
	13-02	FREMA2	フリーマンのチェーンコード復号化	38	21	55.3
	13-03	CITYBD	市街区距離変換	42	27	64.3
	13-04	CITYKK	市街区距離骨格図形	49	31	63.3
	13-05	CITYFG	市街区距離図形復元	47	25	53.2
	13-06	CHESBD	チェス盤距離変換	40	25	62.5
	13-07	CHESKK	チェス盤距離骨格図形	47	29	61.7
	13-08	CHESFG	チェス盤距離図形復元	34	22	64.7
	13-09	GWDIST	濃度重み付き距離変換	48	25	52.1
	13-10	RLENDE	10進ランレングス法符号化	43	26	60.5
	13-11	RLENDO	10進ランレングス法復号化	37	23	62.2
	13-12	RLANWE	Wyleのランレングス法符号化	72	41	56.9
	13-13	RLENWD	Wyleのランレングス法復号化	99	58	58.6
	13-14	RLEN2E	2ビット区切りランレングス法符号化	88	52	59.1
	13-15	RLEN2D	2ビット区切りランレングス法復号化	115	64	55.7
画 像 表 示	14-01	PRTHEX	濃度値16進表示	41	26	63.4
	14-02	CHRDOT	濃淡画像キャラクタ画面表示	73	34	46.6
	14-03	DITHER	ランダムディザ法	25	14	56.0
	14-04	DITHES	組織的ディザ法	45	24	53.3
	14-05	DITHEM	平均値決定ディザ法	39	25	64.1
	14-06	DITHEE	平均誤差最小ディザ法	63	33	52.4

分類	サブルーチン番号	サブルーチン名	処 理 内 容	全行数	注釈行	注釈率 (%)
画像表示	14-07	dotmap	2値画像ドット表示	25	17	68.0
	14-08	dot2	2値画像2階調表示	52	30	57.7
	14-09	dot5	濃淡画像5階調表示	98	53	54.1
	14-10	dot10	濃淡画像10階調表示	125	59	47.2
	14-11	dot17	濃淡画像17階調表示	167	63	37.7
	14-12	gijcol	濃度疑似カラー表示	72	36	50.0
パターン発生	15-01	Kjfont	漢字フォントパターン読み出し	48	24	50.0
	15-02	arrayi	グラフィック画面の配列取り込み	27	17	63.0
	15-03	circ3p	3点通過円描画	44	25	56.8
	15-04	dousin	同心円の環状パターン発生	45	23	51.1
	15-05	donuts	ドーナツ状楕円パターン発生	38	20	52.6
	15-06	sladen	傾斜した楕円の描画	76	42	55.3
	15-07	takaku	多角形描画	89	46	51.7
	15-08	simamo	縞模様パターン発生	109	47	43.1
	15-09	itimat	市松模様パターン発生	155	71	45.8
合計150サブルーチン		全行数合計=9531行		注釈行合計=5097行		平均注釈率=53.5%

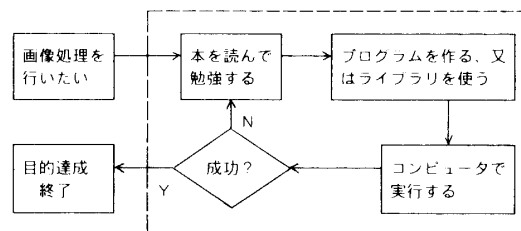


図1 画像処理実行の一般的手順

General flowchart for execution of image processing.

3. 画像処理教育用エキスパートシステム EXWIPER

3.1 画像処理エキスパートシステムとは

初心者が自分の仕事の上で画像処理の必要性が生じた場合、一般的には図1に示すような手順で目的を達成してゆくのであるが、ここの破線で囲んだ部分をシステム化したものが画像処理エキスパートシステムである。すなわち画像処理エキスパートシステムとは、画像処理の専門家の知識を知識ベース化し、誰でも画像処理ライブラリのサブルーチンを利用して所望の画像処理を容易に実行することが出来るようにしたシステムである。しかし画像処理エキスパートシステムを大別すると次の2つの概念が存在する⁹⁾。

- (a) 対話型汎用エキスパートシステム
- (b) 全自動画像処理エキスパートシステム

(a)は、画像処理の知識を全くあるいは殆ど持たない初心者が自分の仕事上で画像処理を必要とするときに、画像処理ライブラリのサブルーチンを容易に利用することが出来るよう

にコンサルテーションを行う対話型汎用システムである。(b)は用途を限定(主に特徴抽出)して、目的に叶った最適なサブルーチン群の構成、パラメータ設定を完全に自動決定し、一気に画像処理を実行してしまう、対話型でない全自動型のシステムである。現在発表されている画像処理エキスパートシステムとしては、前者としては電総研のDIA—EXPERT¹⁰⁾、東芝のEXPLAIN¹¹⁾、富士通のIPEX¹²⁾、日立のHIDIC—IPによるシステム¹³⁾等があり、後者としてはLLVE¹⁴⁾、IMPRESS¹⁵⁾、FIRE¹⁶⁾等がある。一般に、単に画像処理エキスパートシステムといえば前者のコンサルテーション型を意味する場合が多い。しかし、これらはいずれも大型計算機や専用プロセッサによる画像処理を前提としており、パソコンレベルを前提にした独立汎用システムではない。

3.2 EXWIPER の概要

本研究で提案する画像処理教育用エキスパートシステムEXWIPERは、パソコンベースのエキスパートシステム構築用ツール(エキスパートシェル)と、パソコン用画像処理ライブラリWIPERをドッキングさせたパソコンベースでのシステムであり、前節の分類で言えば、コンサルテーション型のエキスパートシステムである。即ち、エキスパートシェルには画像処理に関する各種の基本的な知識やノウハウを知識ベースとして格納しておき、初心者であるユーザに対して、画像処理に関する基礎的な用語や概念を一から説明したり、ユーザの知識が実際に画像処理を行えるレベルに到達してからは専門家としての様々なアドバイスをしたりする。実際に画像処理を実行する場合にはエキスパートシェルがライブラリWIPERを呼び出して実行させるのである。ユーザは画像処理の基礎知識をEXWIPERを用いて勉強しようとするときは、先に一通りの用語や基礎概念をCAI形式で勉強してから、WIPER自身に内蔵のサンプル画像データを用いて画像処理実行のデモンストレーションを見学する。ユーザが一通りの学習を終えて自分で画像処理を実行しようとする場合はEXWIPERは、WIPERにユーザ持込みの画像データに対して画像処理を実行させることができる。あるいはユーザはこのレベルに到達すれば以後はEXWIPERを卒業して自分で直接WIPERを使用することも可能である。図2にEXWIPERの構成図を示す。本システムではエキスパートシェルは市販の『創玄』を用いている。このシェルの知識の表現方法はプロダクションルールであり、推論方式は後向き推論である。システム自身はC言語で記述されている。このシェルを採用したのは日本語が使用できることと、作動中のシェルからMS—DOSの任意の外部プログラムを呼び出して実行させることが可能であるからである。EXWIPERは次の3つのフェーズから構成されている。

〈フェーズ1〉基礎教育

画像処理に関して全くの無知な状態のユーザを対象にして基本的な用語や概念を説明する。例えばデジタル画像とは何か、画素とは何か、濃度値とは何か、2値図形とは何か、等を説明する。それらの習得を終えれば実際にWIPERを呼び出してサンプル画像データを用いて各画像処理サブルーチンのデモンストレーションを見学する。

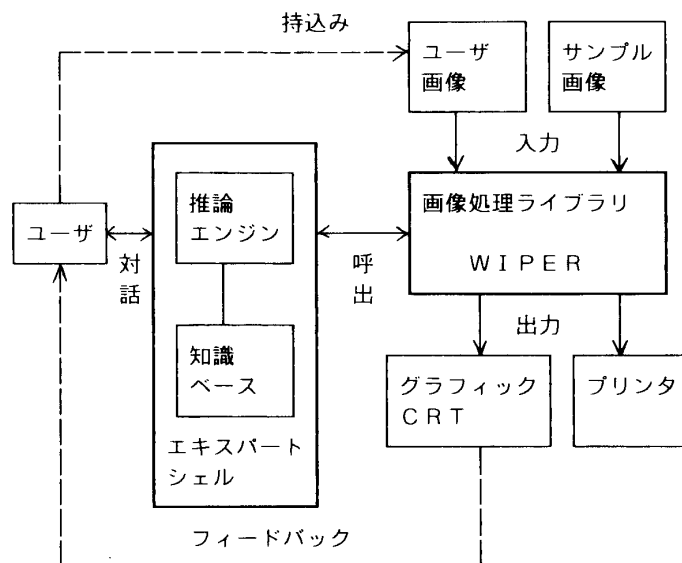


図2 画像処理教育用エキスパートシステム EXWIPER の構成
Block diagram of image processing instruction expert system EXWIPER.

〈フェーズ2〉実習教育

基礎教育を終えたレベルのユーザを対象にして、ユーザ持込み画像データに対してユーザの目的を尋ねながら WIPER の中の最適なサブルーチンを選んでそれを実行させる。このレベルでは各サブルーチンの機能を理解するのが目的ゆえ、単一のサブルーチンによる単一の処理を実行するだけにとどめる。

〈フェーズ3〉実務指導

ユーザ持込み画像データに対してユーザの目的を尋ねながら WIPER の中の最適なサブルーチンを複数個選んでそれらを最適な順番に組み合わせて、更に最適なパラメータを設定して実行させる。複数個の画像処理サブルーチンを組み合わせて連続的に実行する、より高度な画像処理を対象にしている。処理結果に関してもユーザの意見を聞き、ユーザの満足が得られなかったならば他のサブルーチンの組み合わせや、他のパラメータ設定を考案し、実行させる。即ち、ユーザと対話形式で、ユーザの目的に叶った画像処理手順を見つけてゆく。

言うまでもなく3つのフェーズのうちで最も重要なのはフェーズ3であり、EXWIPERの主たる目的はフェーズ3の使用にある。フェーズ3にはかなりの専門家のノウハウ的な知識ベースが必要となる。しかし、フェーズ3においてはかなり複雑な処理を対象とするので、あらゆる分野の画像処理を対象とした汎用性を無理に持たせようとするとかえって内容的に発散してしまうおそれがある。それゆえフェーズ3では分野を限定して、狭く深くノウハウを収集したほうが実用的なシステムになるものと思われる。例えば、医用画像の脳のCT画像、腎臓の超音波断層像、肺のレントゲン写真、物理の粒子画像、ランドサットからの衛星写真、飛行機からの航空写真、人物の顔写真、新聞や書籍雑誌等の印刷原

稿画像，電気回路図面，建築設計図面等といった狭い範疇にまで分野を絞り込んだほうが実用的なシステムになるであろう。ユーザは自分の目的に合った分野の画像処理専門家を呼び出してきて使用すればよい。

3.3 フェーズ2におけるコンサルテーション

フェーズ2は，単一処理だけを対象にしているので，このフェーズにおけるコンサルテーションは，まずユーザが行いたい画像処理の概要を表1の第1章から第15章までの中のいずれかに対話により対応付ける。これを大分類と呼ぶ。大分類により15個ある章のうちのどの章を使うかが決定する。次にその章の中でどのような種類の処理を行うのかを対話により決定する。これを中分類と呼ぶ。次のその処理の種類の中でどのサブルーチンがもっとも適しているかを対話により決定する。これがフェーズ2での最終的なゴールとなる。なお，対話時にシステムがユーザに，目的とかけ離れた無駄な質問をしないようにするためにメタ知識を用いてゴールを大分類から中分類，最終ゴールへと移動させるようにしてある。なお，いずれの選択肢においても最後に「該当項目がない，又は分からない」という選択ができるようにしてある。その場合は詳しい説明画面を表示してユーザに再選択を促すようにしてある。

3.4 フェーズ3におけるコンサルテーション

前述したようにフェーズ3のための知識ベースは，あたかもワードプロセッサにおける専門分野別辞書のように各専門分野ごとに細分化されるべきと考えるので，一般的な取り扱いには困難である。そこでここではとりあえず，画像の分野の種類を表2に示す15種類に分類することにした。これを大分類と呼ぶ。ここで考えた15種類というのは特に明確な根

表2 画像の種類分類
Classification of pictures kinds.

番号	画像の種類	画像の具体例
1	文書画像	新聞，雑誌，本，手紙，論文，メモ等の文字情報
2	図面画像	回路図，設計図，配置図，手順図その他各種の図面
3	風景画像	山岳，海浜，湖沼，河川，田園等の風景
4	人物画像	肖像，スナップ写真，記念写真等
5	動物画像	哺乳類，爬虫類，両生類，魚類，甲殻類，その他動物一般
6	植物画像	木，草，花，葉その他植物一般
7	顕微鏡画像	光学顕微鏡や電子顕微鏡，その他の顕微鏡の視野
8	建築物画像	ビル，家等の建築の外観や内部，橋梁等の土木建築物等
9	乗物画像	電車，バス，自動車，二輪車その他の乗物の外観や内部
10	地理画像	衛星画像，世界地図，日本地図，都道府県市町村地図等
11	気象画像	気象衛星画像，天気予報図，等圧線図，テレビ天気図等
12	医用画像	X線像，CT画像，超音波画像その他の医用画像
13	機械画像	精密機械，動力機械，生産機械，輸送機械その他の機械
14	芸術関係画像	絵画，彫刻，書道，陶芸その他芸術関係の画像
15	服飾関係画像	生地，洋服，和服，帯，帽子その他アパレル関係

拠のある絶対的な分類というわけではなく、あくまでも便宜的な分類であり、もっと良い分類法があるかも知れない。

フェーズ3におけるコンサルテーションは次のような5つの手順で行われる。

(I) 画像の内容を尋ねる：

これは人間の専門家に相談する場合で言えば、どの分野の専門家に相談するのかを決めることに相当する。ここで上記の15種類の分野のうちの1つに絞る。即ち大分類を行う。

(II) 画像処理の目的を尋ねる：

原画像に対して何をしたいのかを専門家に説明することに相当する。実際のシステムではメニューからの選択によって行う。

(III) 画像の詳細について尋ねる：

これは専門家の場合で言えば、相談者の持ってきた原画像を手にとってじっくりと見ることに相当する。人間の専門家に比べて画像処理エキスパートシステムの決定的な違いは画像を見るための「眼」がないということである。目隠しをした専門家に相談しているような状態に相当する。従って、画像の内容を言葉や数値で表さなければならない。2次元的な広がりをもつ画像内容を言葉や数値で表現することは簡単ではない。これが画像処理エキスパートシステムの最大のネックといっても過言ではない。他の一般的なエキスパートシステムでは入力データを何らかの方法ですべて数値データ等に完全に定量表現することが可能であり、それらのデータ等をもとに推論を実行することができることに比べると大きな困難点である。画像をどのようにうまく言葉や数値で表現しうるのがポイントとなる。実際のシステムではその一つの方法としてメニューからの選択によって行っている。

(IV) 画像処理手順を生成して教示する：

どのような画像処理サブルーチンをどのような順番で組み合わせて、どのようなパラメータで実行しなさいと指示することに相当する。

(V) 成功かどうかを確認する：

画像処理出力結果を相談者が見てそれで満足すれば終了し、満足できなければどのように不満足なのかを尋ねて手順の再生成を行う。実際のシステムではメニューからの選択によって行う。

図3～8にごく簡単な実行の画面例を示す。図3はフェーズ3のタイトル画面、図4は大分類を行う画面、図5は目的を尋ねる画面、図6～7は画面の内容を尋ねる画面、図8は画像処理手順を教示する画面である。

4. む す び

画像処理サブルーチン150本から構成される、パソコン専用の本格的な画像処理ライブラリ WIPER を作成し、更にその応用の一つとして、WIPER をエキスパートとドッキングさせることにより、画像処理教育用エキスパートシステム EXWIPER を試作した。EXWIPER

ファイル名 EXWIPER3.EXP タイトル画面 EXWIPER/PHS3
=====

このシステムは画像処理教育用エキスパートシステムEXWIPERの、

[フェーズ3 (実務指導)]

の部分です。EXWIPERの全体は、
基礎教育用のフェーズ1、
実習教育用のフェーズ2、
実務指導用のフェーズ3

の3つのフェーズから構成されています。このフェーズ3ではユーザがその目的の画像について、ユーザが行いたいと思っている処理を聞いて、フェーズ3でその目的の画像が示されるので、あなたの目的に該当する項目を選んでリターンキーを押して下さい。

エキスパートシステムの実行を開始するにはF10キーを押して下さい

再実行

キャンセル ヘルプ 次へ進む

図3 実施画面例 (タイトル画面)

An example of display (title picture) .

ファイル名 EXWIPER3.EXP 事象データ入力画面 EXWIPER/PHS3
=====

あなたが処理対象とする画像の内容は、
(1) 新聞、雑誌、本、手紙、メモ、原稿、論文その他の印刷又は手書きの文書一般
(2) 設計図、回路図、配置図、手帳その他の各種の印刷または手書きの図面等
(3) 山岳、海浜、湖沼、河川、田園等の風景写真や絵、記念写真等
(4) 人物の肖像写真、自画像、複数人のスナップ写真、動物一般の写真や絵
(5) 哺乳類、昆虫類、両生類、魚類、甲殻類その他の動物一般の写真や絵
(6) 木、草、花、葉、その他植物一般の写真や絵
(7) 光学顕微鏡や電子顕微鏡の視野を写した写真等
(8) ビル、家等の建築物の外観や内部、橋梁等の土木構造物の写真や絵
(9) 電車、バス、自動車、二輪車その他の乗物一般の写真や絵
(10) 世界地図、日本地図、都道府県地図、市町村地図等の各種地図
(11) 気象衛星画像、天気予報図、等圧線図、テレビ天気図等の気象関連画像
(12) X線写真、CTスキャナー画像、超音波断層像その他の医学関連画像
(13) 精密機械、動力機械、生産機械その他、機械一般の写真や絵
(14) 絵画、彫刻、書道、陶芸その他、芸術関係の写真や絵
(15) 洋服、和服、帯、帽子、制服その他、アパレル関係の写真や絵
である。

適切な項目を一つ選択して下さい。

↑↓: 移動
WHY

番号 [1]
再実行 値不明

RETURN: 選択
キャンセル ヘルプ 入力終了

図4 実施画面例 (大分類を行う画面: (1)を選ぶとする)

An example of display (pre-classification picture: suppose (1) is selected) .

ファイル名 EXWIPER3.EXP 事象データ入力画面 EXWIPER/PHS3
=====

実行したい文書画像の処理目的は、
(1) 文字を認識すること
(2) 文字の特徴を抽出する
(3) 文字を1文字ずつ切り出す
(4) 文字の大きさを縮める
(5) 文字の傾きを修正する
(6) 文字の太さを細める
(7) 文字の太さを太める
(8) 文字の太さを縮める
(9) その他
である。

適切な項目を一つ選択して下さい。

↑↓: 移動
WHY

番号 [2]
再実行 値不明

RETURN: 選択
キャンセル ヘルプ 入力終了

図5 実施画面例 (目的を聞く画面: (2)を選ぶとする)

An example of display (purpose inquiring picture: suppose (2) is selected) .

```

ファイル名  EXWIPER3.EXP          事象データ入力画面          E X W I P E R / P H S 3
=====

```

その文書画像は、
 (1) 単一の印刷文字パターンからなる
 (2) 単一の手書き文字パターンからなる
 (3) 複数の印刷文字パターンからなる
 (4) 複数の手書き文字パターンからなる
 画像である。

```

-----
適切な項目を一つ選択して下さい。          番号 [ 2 ]          RETURN: 選 択
↑↓: 移動                                再実行 値不明          キャンセル ヘルプ 入力終了
W H Y

```

図6 実施画面例 (画像の内容を聞く画面1 : (2)を選ぶとする)
 An example of display (image detail inquiring picture 1 : suppose (2) is selected) .

```

ファイル名  EXWIPER3.EXP          事象データ入力画面          E X W I P E R / P H S 3
=====

```

その画像は2値化
 (1) された
 (2) されていない
 画像である。

```

-----
適切な項目を一つ選択して下さい。          番号 [ 2 ]          RETURN: 選 択
↑↓: 移動                                再実行 値不明          キャンセル ヘルプ 入力終了
W H Y

```

図7 実施画面例 (画像の内容を聞く画面2 : (2)を選ぶとする)
 An example of display (image detail inquiring picture 2 : suppose (2) is selected) .

```

ファイル名  EXWIPER3.EXP          出力画面          E X W I P E R / P H S 3
=====

```

推論を終了しました。次に、結論を表示します。
 使用すべき文書画像処理の手順は、
 (1.01) 2値化+細線化+特徴点抽出+ホール検出+線図形の単純化+コーナー検出
 出 であると考えられる。

```

-----
画面を読み終わったらF10キーを押して下さい
          H O W 印 刷 再実行 全選択肢          キャンセル ヘルプ 次へ進む

```

図8 実施画面例 (画像処理手順を教示する画面)
 An example of display (image processing procedure instructing picture) .

は現状ではまだまだ知識ベースが十分整備されていないので実用に供し得るシステムとは言えないが、各分野の仕事で画像処理を必要とする初心者が自分の目的のためにはどのような画像処理サブルーチンをどのように使えばよいのかを、又、その結果はどうなるのか等を懇切に指導するための教育用エキスパートシステムを目指したものである。画像処理ライブラリ WIPER およびそれを用いた画像処理教育用エキスパートシステム EXWIPER は、今後ますます増加するであろうと思われるパソコン画像処理技術に対するニーズに十分応え得るシステムになる可能性を有しているものと考ええる。今後は WIPER をより一層充実した内容の、ポータビリティの高いライブラリに進歩発展させてゆくと共に、EXWIPER のルールと知識ベースをより充実させて、より使い易くて効率のよい、実用性の高いエキスパートシステムに発展させてゆきたいと考える。

最後になったが、本画像処理ライブラリ WIPER の開発に関して有益な御監修¹⁷⁾を頂いた(株)リコー中央研究所智能工学研究センター所長森 俊二博士に深く感謝する。又、日頃研究活動に関し種々御激励を賜る大阪大学工学部通信工学科手塚慶一教授、ならびに大阪大学経済学部経営学科真田英彦教授に深く感謝する。

参考文献

- 1) 田村秀行監修：“コンピュータ画像処理入門”，総研出版，(1985—03)
- 2) 工業技術院監修：“SPIDER USER'S MANUAL”，協同システム開発，(1982—04)
- 3) 花木，岩下，寺嶋：“画像処理応用事例”，テレビ誌，41，3，pp. 270—277，(1987)
- 4) 塩野 充：“パソコンによる画像処理ライブラリとそれを用いた画像処理教育用エキスパートシステム”，第35回情処学全大，1K—6，(1987—09)
- 5) 塩野 充：“パソコン画像処理ライブラリを用いた画像処理教育用エキスパートシステム EXWIPER”，信学技報，ET7—5，pp. 13—18，(1987—10)
- 6) 塩野 充：“パソコン画像処理ライブラリと画像処理教育用エキスパートシステム”，昭62信学情報・システム部門全大，141，(1987—11)
- 7) 塩野 充：“パソコン画像処理ライブラリと画像処理教育用エキスパートシステムの開発”，日本ソフトウェア科学会第4回大会，A—5—1，pp. 427—430，(1987—11)
- 8) 塩野 充：“研究者のための画像処理教育用エキスパートシステム”，1988年情報学シンポジウム，pp. 55—68，(1988—01)
- 9) 坂上勝彦：“画像処理とエキスパートシステム”，テレビ誌，41，9，pp. 801—807，(1987)
- 10) 田村，坂上：“画像処理エキスパート・システムのための3種の知識”，信学技報，PRL83—49 (1983)
- 11) 末田，星：“画像処理パッケージ利用におけるプログラム支援設計システム”，エキスパートシステム——理論と応用”，pp. 135—154，日経マグローヒル社，(1986)
- 12) 田中，小松，鳥生，岩瀬：“画像処理エキスパートシステム”，第35回情処学全大，1K—1，pp. 2087—2088，(1987)
- 13) 折田，金崎，小沼，高藤：“画像処理エキスパートシステムの検討”，信学技報，PRU86—49，(1986)
- 14) 松山，尾崎：“LLVE：トップダウン・セグメンテーションのための画像処理エキスパートシステム”，情処学論，27，2，pp. 191—204 (1986)
- 15) 長谷川，久保田，鳥脇：“サンプル図形の提示による画像処理手順の自動構成法とその線図形抽出手順への適用”，信学技報，PRL85—38，(1985)
- 16) 棟安，大宅：“画像処理エキスパートシステム”，映像情報(I)，1987—1，pp. 53—60，(1987)

17) 森, 塩野: "PC-9800シリーズ BASIC 画像処理プログラム150選", オーム社, 1988

"A Trial Construction of an Image Processing Expert System EXWIPER for a Personal Computer. "

Mitsuru SHIONO

*Faculty of Engineering,
Okayama University of Science,
Ridaicho 1-1, Okayama, 700 Japan.*

(Received September 30, 1988)

Recent extreme advance of personal computers has made it possible to execute image processing programs which have been executed only by main frame computers. Nowadays many researchers or engineers in various fields require image processing techniques by a computer, but it is not so easy for beginners to make or to use image processing programs with a personal computer. Some kinds of image processing software libraries have been developed and used, but they are all developed for main frame computers with FORTRAN language and not necessarily suitable for personal computers. This paper has two main subjects. First, a new image processing software library named WIPER for personal computers with BASIC language is proposed. Second, an expert system for image processing instruction for beginners named EXWIPER is proposed. EXWIPER is developed with an expert shell and runs with WIPER. Beginners can learn fundamental image processing techniques by interactive operation with EXWIPER.